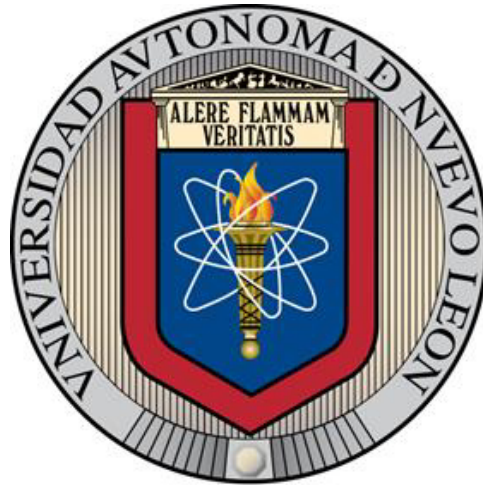


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN
DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA CON PRODUCCIÓN
DEL TIPO INGENIERÍA A LA ORDEN**

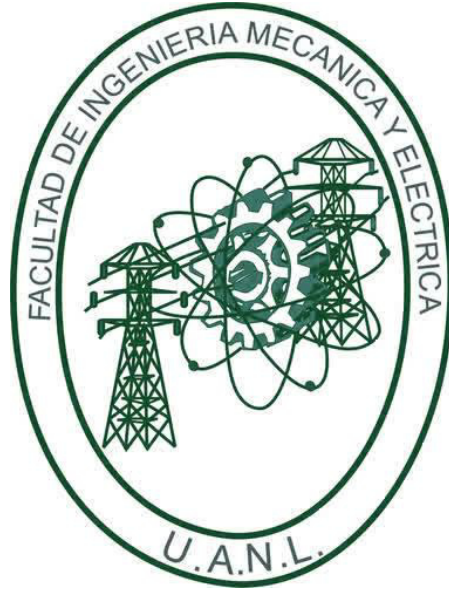
POR

SILVIA LORENA MOYA MORALES

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

ENERO, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN
DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA CON PRODUCCIÓN
DEL TIPO INGENIERÍA A LA ORDEN**

POR

SILVIA LORENA MOYA MORALES

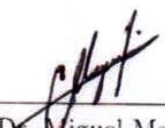
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

ENERO, 2018

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Subdirección de Estudios de Posgrado


Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Desarrollo de estrategias para la disminución de inventarios en una empresa con producción del tipo ingeniería a la orden», realizada por el alumno Ing. Silvia Lorena Moya Morales, con número de matrícula 1057713, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis



Dr. Miguel Mata Pérez

Asesor



Dr. Tomás Salais Eloy Fierro

Revisor



MLYCS. Mónica Camacho Lira

Revisor

Vo. Bo.



Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, enero 2018

A mis hijas Ximena y Regina

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	x
Resumen	xi
1. Introducción	1
1.1. El problema de estudio	1
1.2. Objetivo	2
1.2.1. Objetivos particulares	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Metodología de estudio	3
1.5. Justificación	3
1.6. Estructura de la tesis	4
2. Marco teórico	5
2.1. Inventarios	5
2.1.1. Clasificación de inventarios	6
2.1.2. Inventarios en los sistemas de manufactura	8

2.1.3. Inventarios según su movimiento	9
2.1.4. Políticas de inventarios	11
2.2. Tipos de manufacturas	13
2.2.1. Ingeniería a la orden	14
2.2.2. Fabricación de pedido	18
2.2.3. Ensamble de pedido	18
2.2.4. Fabricación de inventario	18
2.3. Métodos de control de inventarios	19
2.4. Conclusiones del capítulo	22
3. Metodología	24
3.1. Determinación de clasificaciones	26
3.2. Determinación de políticas de inventario	28
3.3. Conclusiones del capítulo	30
4. Resultados y análisis	31
4.1. Resultados de la clasificación	31
4.2. Políticas según su clasificación	33
4.2.1. Zona 1: Productos de garantía y refacción	33
4.2.2. Zona 2: Artículos de uso comunes	34
4.2.3. Zona 3: Desviación de productos	34
4.2.4. Zona 4: Obsoletos	35

4.3. Resultados proyectados	35
4.4. Conclusiones del capítulo	37
5. Conclusiones	38
5.1. Conclusiones generales	38
5.2. Contribuciones	40
5.3. Trabajo a futuro	40

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Diagrama de Pareto.	7
2.2. Matriz de diseño del sistema de control de inventarios: marco que describe la lógica del control de inventarios.	10
2.3. Planeación y niveles organizacionales.	11
2.4. Sistemas de manufacturas.	14
2.5. Ciclo de vida de un proyecto ETO.	16
2.6. Determinación del punto de reorden.	22
3.1. Clasificación	26
3.2. Zonas de clasificación.	27
4.1. Distribución por criterio.	32
4.2. Distribución de artículos y zonas.	32
4.3. Distribución de políticas de inventario	37

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Diferencias entre ETO y MTS en términos de operación y diseño de producto.	17
4.1. Resultados proyectados.	36

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Miguel Mata Pérez asesor de mi tesis por su gran apoyo. A mis revisores Dr. Tomás Salais y MLCS Mónica Camacho por su valioso tiempo y aportaciones en el presente trabajo.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Nuevo León que es mi alma matter y a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. A mis maestros, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias.

A la compañía en la cual laboro, gracias por todo el apoyo y por creer en mi, en especial al Ing. Brunell G. y al Ing. Morales. A mis compañeros de trabajo que siempre me apoyaron para terminar esta meta.

A mi familia, gracias infinitas por todo su apoyo incondicional, especialmente a mi madre que sin su ella no hubiera sido posible terminar esta maestría. A mis hijas por todo el tiempo que no estuve con ellas. También a mis amigos que siempre estuvieron para alentarme.

RESUMEN

Silvia Lorena Moya Morales.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA CON PRODUCCIÓN DEL TIPO INGENIERÍA A LA ORDEN.

Número de páginas: 43.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: La presente tesis tiene como objetivo el reducir el valor del inventario por medio de la aplicación de estrategias de gestión, que se adecuen a las distintas características particulares de los artículos inventariados. Parte los objetivos particulares son el proponer la clasificación apropiada, categorizar los artículos de acuerdo dicha clasificación, diseñar estrategias para cada categoría y establecer las estrategias buscando una disminución de artículos obsoletos.

Para llegar al objetivo, el método de estudio es utilizar una clasificación multi-criterio (costo unitario, rotación y variabilidad), segmentando zonas con características en común para así llegar a las políticas de inventario.

Una vez que se determinaron las clasificaciones y a su vez también los gru-

pos por zonas, ahora deben crearse las políticas, las cuales serán consideradas de la información analizada en el marco teórico y de aportaciones llevadas a cabo en la práctica. Por las características de este proyecto, se proponen las siguientes políticas de inventario: productos de garantía y refacción, por uso común, desviación de productos y artículos obsoletos.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Las principales aportaciones en esta investigación son el cómo determinar o segmentar las clasificaciones de número de parte, en dónde se consideran las mezclas de criterios y rangos de productos para la determinación de clasificaciones. La importancia que tienen cada uno de estos rubros en los artículos y precisamente en la manufactura ETO, además de las políticas determinadas en combinación a las referencias bibliográficas realizadas.

En la mayor parte de las compañías se cuenta con material de inventario para diferentes finalidades. El inventario es parte de los bienes más representativos de los costos activos de una empresa. El gestionar dicho inventario requiere de conocimientos que van más allá de una administración. Como se mencionó en la parte de marco teórico, los enfoques de inventarios son diversos y están muy relacionados con los sistemas de manufactura o el giro de la compañía, además de las políticas internas que éstas tengan. Es importante considerar las políticas de inventario más adecuadas para tener un mayor impacto en la mejora de administración de los inventarios. Los eslabones de la cadena de suministro son claves para el éxito o fracaso de llevar a cabo una buena administración del inventario por lo que es recomendable considerar indicadores de desempeño comunes en cada uno de los procesos.

Firma del asesor: _____

Dr. Miguel Mata Pérez

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el problema de estudio, mostrando las dificultades que se presentan; así mismo, se detalla el tipo de manufactura del área de producción donde se centra la problemática y los canales comerciales a los cuales se distribuye. Se definen los objetivos y la hipótesis, se hace una breve descripción de la metodología, y se presenta la justificación del proyecto.

1.1 EL PROBLEMA DE ESTUDIO

El presente proyecto se desarrolla en una empresa del giro manufacturero de productos viales, situada en el municipio de Guadalupe, N. L., con más de 50 años en el mercado. La problemática presentada en la misma se lleva a cabo en el área de inventarios, ya que la empresa adquirió una compañía americana del mismo giro, con lo cual se transfirió el total de los inventarios en las instalaciones mencionadas, sin existir una transición. El monto total de los inventarios transferidos exceden los 3 millones de dólares. Los aprovechamientos de economías de escala no fueron analizados, por lo cual fueron adquiridos algunos lotes grandes que tendrán que ser inventariados por más tiempo del deseado. Parte de la problemática se centra en la gran variedad de productos de materia prima, falta de alineación de éstos con los nuevos diseños de productos terminados. Existen cantidades mínimas a comprar al

ordenar algunos productos, los cuales, son altos en comparación con la utilización de dichos artículos, que en algunas ocasiones serán únicas compras o, en su defecto, se convertirán en material de lento o nula rotación.

El tipo de manufactura manejada es enfocada a Ingeniería a la Orden (ETO, por sus siglas en inglés, *Engineering To Order*) en casi un 80 % de la producción total, la cual es dedicada a producto de exportación; el resto es enfocado a productos terminados estandarizados y son distribuidos en el mercado nacional. La modalidad de ingeniería a la orden genera un incremento en el inventario, debido a la incorporación de nuevos números de parte al sistema para cada nuevo diseño.

La compañía carece de una segmentación en las materias primas, por lo tanto, no existe política de inventarios, esto afecta la toma de decisiones sobre el uso de los materiales, impactando directamente a los montos de inventarios, ya que en algunos casos estos productos son obsoletos o se sobrecostean. Esto último es debido a que la mayor parte de los materiales son comprados en el extranjero por lo tanto, el costeo es actualizado según el tipo de cambio (precio del dólar), sesgando totalmente los montos de inventario.

Los canales de distribución por los cuales se envía el material son por medio de intermediarios que a su vez venden el producto a los instaladores o contratistas que dan mantenimiento a caminos, tanto a nivel nacional como en el extranjero.

1.2 OBJETIVO

Reducir el valor del inventario por medio de la aplicación de estrategias de gestión, que se adecuen a las distintas características particulares de los artículos inventariados.

1.2.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Proponer una clasificación apropiada de acuerdo a las características más relevantes de los materiales inventariados.
- Categorizar los artículos de acuerdo a la clasificación definida.
- Diseñar estrategias apropiadas para cada categoría de inventario.
- Establecer estrategias para disminuir la cantidad de artículos obsoletos.

1.3 HIPÓTESIS

Mediante una adecuada clasificación de los inventarios actuales y la aplicación de estrategias de depuración, gestión y retorno de los inventarios desarrolladas según su categoría, se obtendrá una reducción del monto total del inventario.

1.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Se estudiará la naturaleza de los diferentes productos y, por medio de herramientas especializadas de administración y control de inventarios, se pretende obtener una clasificación adecuada que permita definir las estrategias de gestión para cada categoría del inventario, así como disminuir la cantidad de artículos obsoletos. Todo lo anterior deberá reflejarse en la disminución del monto de inventario.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Actualmente la empresa cuenta con una cantidad de inventario de alrededor de 70 millones de pesos. Lo anterior se debe a la compra de lotes mínimos, es decir, que

el proveedor obliga a la empresa a adquirir una cantidad mayor a la que realmente se requiere. Esto, aunado a la falta de estandarización por parte del área de ingeniería en sus consumos, aumenta la diversidad de números de parte de materias primas. También, la transferencia de dos líneas de producción de Estados Unidos a México, incorporó a la empresa los inventarios de dichas líneas. Esta sobresaturación de inventario impacta en el activo fijo de la empresa lo cual afecta al flujo de efectivo.

Por la naturaleza de la empresa, existen varios tipos de inventarios los cuales no pueden administrarse de la misma manera, se espera que puedan mantenerse en el mismo grado de control. En este proyecto se plantea y utiliza un inventario de la materia prima, descartando el producto en proceso y el terminado; además, solo se considerará el área de electrónica y controles, descartando áreas como semáforos y metal-mecánica.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La presente tesis se ha estructurado en 5 capítulos. En el capítulo 1 se ha presentado una introducción al proyecto, se describe en términos generales la compañía incluyendo la problemática de estudio, se establece el objetivo, la hipótesis y la justificación.

En el siguiente capítulo se revisarán los antecedentes teóricos revisados a lo largo de la investigación, considerando los enfoques más apegados a la problemática.

El capítulo 3 mostrará la metodología y herramientas que se usaron para la solución de la problemática y en el capítulo 4 se abordará la implementación de las herramientas, los resultados y sus análisis.

Finalmente, en el capítulo 5, se publicarán las conclusiones generales de la tesis, contribuciones y nuestras recomendaciones para trabajo a futuro.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En la actualidad los clientes demandan productos cada vez más especializados para hacer funcional su productividad de acuerdo al rubro en que se desenvuelven, debido a esto las cadenas de suministro necesitan ser flexibles, logrando con ello obtener la satisfacción del cliente.

Debido a la implicación de esta investigación, es imprescindible realizar un análisis de la conceptualización del término de inventario y la relación que tienen éstos con los sistemas de manufactura. Así mismo, la relevancia que tienen las políticas de inventario en el proceso de gestión.

2.1 INVENTARIOS

Un inventario representa uno de los activos más grandes de una compañía. Son bienes que una empresa adquiere para transformarlos en productos en proceso, o productos terminados según sea el caso, esto con el fin de que sean comercializados. Tiene como propósito fundamental proveer a la empresa todo lo necesario para que su producción o venta se genere de manera continua.

Para Chopra y Meindl (2008), el inventario incluye toda la materia prima, el producto en proceso y el producto terminado dentro de la cadena de suministro. El

cambiar las políticas de inventario puede alterar fuertemente su eficiencia y capacidad de respuesta. Por su parte, para Ballou (2004), los inventarios son los agregados de materias primas, provisiones, artículos, producto en proceso y artículos terminados que aparecen a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS

Chase *et al.* (2009) plantean que mantener el inventario requiere tiempo de personal y éste cuesta dinero, ya que se incurre en conteos, la elaboración de pedidos, la recepción de existencias, etc. Cuando llegan a existir límites con estos recursos, el movimiento lógico consiste en impulsar el uso de los recursos disponibles para controlar el inventario de la mejor manera. De esta forma, esto representa tener el enfoque en los artículos más importantes.

Vilfredo Pareto en el siglo XIX realizó un estudio sobre la distribución de las riquezas que existían en Milán, determinando que el 20% de las personas controlaban el 80% de las riquezas, esta lógica en donde la minoría representa el mayor porcentaje de importancia se conoce como el Principio de Pareto (Verdoy *et al.*, 2006). En la figura 2.1 se muestra la gráfica real de la distribución del inventario de la problemática de estudio, en ella se aprecia el comportamiento estudiado por Pareto.

En la mayor parte de los sistemas de inventario es necesario especificar las cantidades de piezas a ordenar, se puede llegar a tener una cantidad considerable de números de parte que cause un descontrol de los mismos, por lo que se sugiere realizar una clasificación ABC en donde se divide por grupos del tipo A (monto alto), B (monto medio) y C (monto bajo). En una primera instancia se considera esta clasificación, para luego optar por otra para los artículos de alto, medio y bajo movimiento (Chase *et al.*, 2009).

Según Chase *et al.* (2009), el inventario puede ser clasificado por diferentes

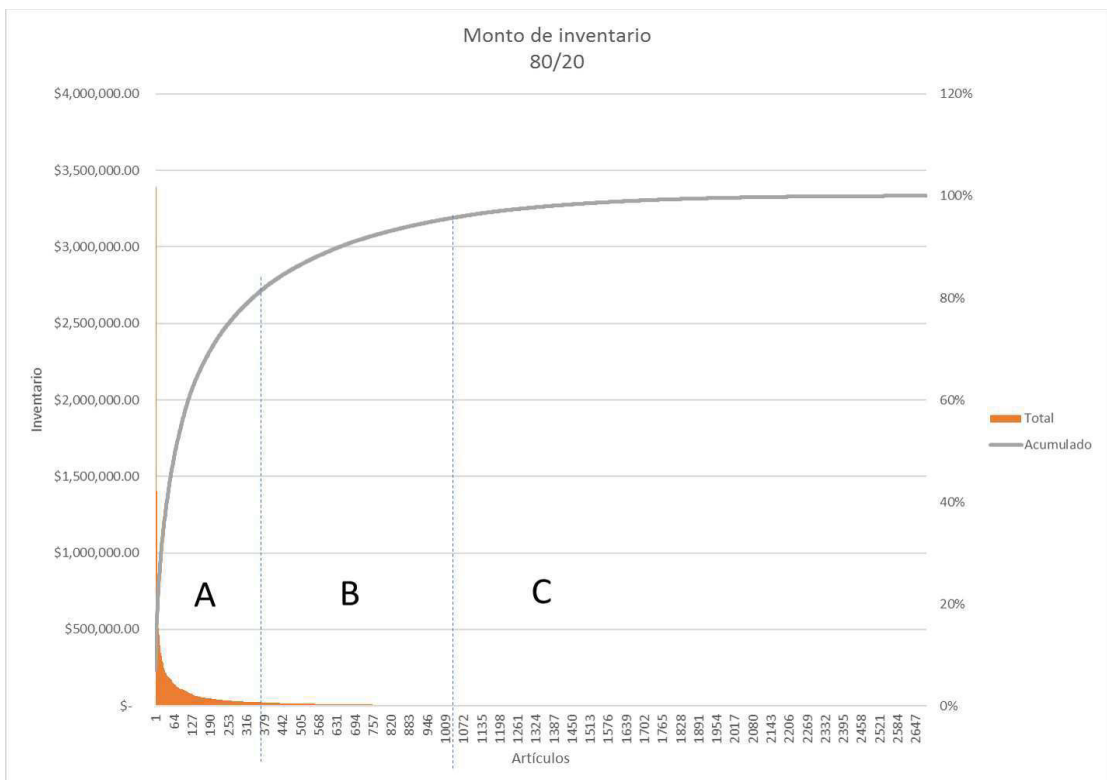


Figura 2.1: Diagrama de Pareto.

criterios:

- Rentabilidad, ya sea por producto terminado o por operación.
- Utilidad.
- Monto de inventario.
- Costo de mantener el inventario.

Entonces, organizando y clasificando el inventario de acuerdo a los criterios específicos para una necesidad determinada, se establecerán las decisiones más adecuadas para la compañía.

2.1.2 INVENTARIOS EN LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA

Para que los procesos de producción se lleven a cabo en un ambiente de manufactura, será necesario recurrir (la mayor parte de las veces), a inventarios de materia prima y producto en proceso para luego dar el paso a transformar el producto en un bien terminado.

Chapman (2006) sugiere las siguientes categorías del inventario:

- La materia prima constituye el inventario que debe adquirirse, para luego utilizarlo en el proceso de producción, y que no tiene un valor añadido por el proceso de producción de la compañía.
- Producto en proceso, es el materia prima que ya ha recibido algún valor agregado transformado en un proceso, pero aún le falta procesamiento para utilizarlo según la demanda del cliente.
- Los bienes terminados representan el inventario de aquellos productos que han pasado por todo el procesamiento interno de la compañía. Por lo general di-

cho inventario se encuentra listo (con la posible excepción del empaque) para atender con él la demanda de los clientes.

- El inventario de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO por sus siglas en inglés *Maintenance, Repair and Operations*) es el tipo de material que se utiliza para soporte a los procesos de producción, por lo general no está destinado a la venta directa al público. Se compone de partes de repuesto, aceite para maquinaria, suministros de limpieza y de oficina, etcétera.
- Inventario en tránsito, principalmente el movimiento de una actividad a otra. La mayor parte se encuentra en sus sistemas de transportación.

2.1.3 INVENTARIOS SEGÚN SU MOVIMIENTO

Respecto al tasa de consumo que tienen los artículos se pueden clasificar en alto, bajo y nulo movimiento.

Los inventarios de alto movimiento son representados por los artículos que son consumidos con regularidad, su demanda suele ser constante. Estos inventarios suelen ser parte muy importante para la empresa debido a lo considerable de su demanda.

Existen artículos que tienen demanda, pero ésta puede llevarse a cabo de manera irregular, es decir, puede aplicarse por temporalidad, proyecto o tipo de producto; a estos tipos de inventario se le conocen como inventarios de lento movimiento. La cantidad de frecuencia de consumo llega a ser menor en comparación con los inventarios de alto movimiento.

En la administración del inventario es crítico comprender y entender la complejidad sobre el uso de las distintas aplicaciones de la lógica del control de inventarios. La figura 2.2 es un marco de trabajo que muestran la relación entre la demanda, el costo de las transacciones y el riesgo de un inventario obsoleto. La figura indica

que la vida económica del producto comienza cuando una empresa invierte en un activo que produce ingresos. Para efectos contables, el activo se deprecia durante ese periodo. Se supone que el activo cumplirá con su función durante ese tiempo y después se considerará obsoleto o desgastado, y será necesario reemplazarlo. Esta visión de la vida del activo rara vez coincide con la realidad (Chase *et al.*, 2009).

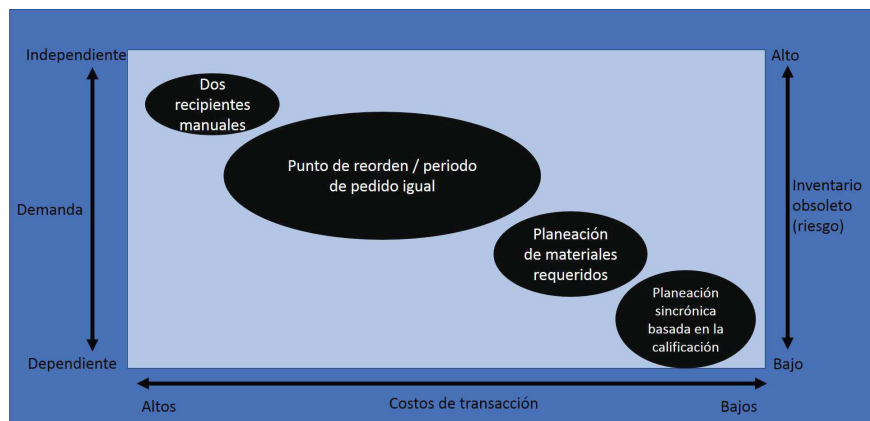


Figura 2.2: Matriz de diseño del sistema de control de inventarios: marco que describe la lógica del control de inventarios.

Fuente:(Chase *et al.*, 2009)

La literatura indica que en el ramo de la tecnología los componentes suelen convertirse de manera rápida en material obsoleto. El costo de obsolescencia estima la tasa a la que el valor del producto almacenado disminuye debido a que su valor de mercado o calidad bajan. Este costo puede variar drásticamente, desde tasas de muchos miles por ciento hasta casi cero, dependiendo del tipo de producto. Los productos perecederos tienen tasas de obsolescencia altas. Incluso los productos que no suelen caducarse pueden tener tasas altas si su ciclo de vida es breve. Un producto con un ciclo de vida de seis meses tiene un costo de obsolescencia efectivo de 200%. Por otro lado, están los productos como el petróleo crudo a los que les toma mucho tiempo volverse obsoletos o deteriorarse (Chopra y Meindl, 2008).

2.1.4 POLÍTICAS DE INVENTARIOS

Las políticas de inventarios son establecidas dentro de las decisiones estratégicas de una compañía (figura 2.3). Para establecer una política de inventarios será importante considerar tres clases de costos: costos de adquisición, costos de manejo y costos por falta de artículos. Estos costos están en conflicto o en equilibrio entre sí (Ballou, 2004).



Figura 2.3: Planeación y niveles organizacionales.

Chopra y Meindl (2008) mencionan que el cambiar las políticas de inventario, se puede modificar la eficiencia y capacidad de respuesta. Por ejemplo, un minorista de ropa puede tener una capacidad de respuesta manteniendo gran inventario y así satisfacer la demanda del cliente. Sin embargo, el mantener un alto nivel de inventario incrementa su costo, además se ve afectada su eficiencia, ya que reducir el inventario puede repercutir en hacerlo mas eficiente, pero podría afectar su capacidad de respuesta. Para definir las políticas de inventario óptimas se necesita información como la demanda, el costo de mantener inventario, el costo de desabasto y el costo de ordenar.

Meyers y Stephens (2006) indican que la política de inventario de la compañía podría ser tan simple como proporcionar espacio durante un mes para el suministro de materias primas, productos en proceso y productos terminados. Tales inventarios estarán requiriendo espacio, pero una vez que se ha calculado la cantidad a

almacenar, será fácil definir tales requerimientos.

Gutierrez y Vidal (2008) mencionan que una política de inventarios debe dar respuesta a las preguntas de cuando debe revisarse el inventario, cuando ordenar y cuanto ordenar, ya sean ítems de demanda independiente o dependiente. Sin embargo, la metodología de estimación de políticas para dar respuesta a estas preguntas puede variar significativamente debido a dos aspectos: el tipo de producto (terminado o materia prima) y el ambiente de producción.

Para Sople (2007) las pautas para las políticas de inventario, pueden ser aplicadas para el aprovisionamiento, el mantenimiento, el posicionamiento, el tiempo y el servicio al cliente. El definir una política ayuda a incrementar la efectividad del inventario en toda la cadena de suministro.

Shcönsleben (2010) menciona que una política de inventario es una declaración de los objetivos y el enfoque de una empresa para la gestión de inventarios. La política puede incluir una decisión para reducir o aumentar el inventario en general.

Taha (2012) refiere que el problema del inventario radica en guardar un artículo con el fin de satisfacer las fluctuaciones de la demanda. El exceso de existencias afecta en el costo del capital y almacenamiento, pero la escasez afecta a la venta o producción. Por lo tanto se busca un nivel de inventario para balancear los dos extremos minimizando una función de costo apropiada. El reto está en controlar el nivel de inventario diseñando una política de inventario, la cual deberá responder: a cuanto pedir y cuando pedir. La base del modelo de inventario es la siguiente función de costo genérica:

$$(\text{Costo total del inventario}) = (\text{Costo de compra}) + (\text{Costo de preparación}) + (\text{Costo de retención}) + (\text{Costo por escasez})$$

Para el entendimiento de dicho modelo, el autor refiere la definición de los componentes de la siguiente forma:

1. El costo de compra es el precio que se paga por un artículo. En ocasiones existen descuentos por lotes, es importante considerar las variables al momento de comprar.
2. Los costos de preparación, representan un cargo fijo, es cuando se incurre con colocar una orden de compra.
3. El costo de retención o almacenamiento, es el costo de mantener el material en inventario. Incluye el interés sobre el capital y el costo del almacenamiento, mantenimiento y manejo.
4. El costo por escasez (faltante) es la oportunidad en la cual se incurre cuando se terminan las existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos, la interrupción de la producción y el costo subjetivo de pérdida de lealtad del cliente.

En resumen el principal propósito será la reducción de la función del costo total del inventario y tratar de balancear estos costos conflictivos, permitiendo a la empresa tener una mayor utilidad.

2.2 TIPOS DE MANUFACTURAS

De acuerdo a los tipos de productos se generar las órdenes de compra según la personalización del cliente, en donde se ven involucradas las áreas de diseño, compra, manufactura, ensamble y envío según sea el caso (ver figura 2.4). A continuación se muestran los tipos de fabricación más comunes (Chapman, 2006):

- Ingeniería a la orden (ETO, por sus siglas en inglés, *Engineering To Order*): en este tipo de pedido el cliente define las características del producto. No se comienza con la producción hasta no tener el diseño total.
- Fabricación de pedido (MTO, por sus siglas en inglés, *Make To Order*): son para productos previamente diseñados. Pueden contar con parte del material

construido más no ensamblado.

- Ensamble de pedido (ATO, por sus siglas en inglés, *Assemble To Order*): son para productos previamente diseñados, pueden contar con parte del material preensamblado mas no el producto terminado.
- Fabricación de inventario (MTS, por sus siglas en inglés, *Make To Stock*): se fabrica, como su nombre lo dice, para almacenamiento. Este tipo de productos tiene como característica que no se necesita una orden de cliente para su producción.



Figura 2.4: Sistemas de manufacturas.

2.2.1 INGENIERÍA A LA ORDEN

Para la presente tesis el tipo de orden aplicada será la ETO. La ingeniería a la orden frecuentemente no se encuentra con inventario disponible y hasta que el cliente solicite algún producto es cuando se realizan las órdenes de compra con los respectivos proveedores (Hand y Nichols, 1995).

En el artículo de Kristianto *et al.* (2015), el cual está enfocado en el desarrollo de un configurador de productos a nivel de sistema para ingeniería a la orden en cadenas de suministro, se describe que:

«... en los productos relacionados con la ingeniería, el enfoque se centra más en los métodos de analizar o diseñar nuevos productos de tal

manera que sería posible reutilizar los componentes del producto y aplicar modificaciones con bajo costo y tiempo reducido. Por lo tanto, un objetivo típico de un proceso de ingeniería consiste en reutilizar componentes y estructuras de diseño existentes tanto como sea posible. Uno de los retos clave de la producción ETO es que los diseños y las listas de materiales no están completos y evolucionan con el tiempo... la reutilización del diseño en ETO considera no sólo la lista de materiales (BOM por sus siglas en inglés *Bill Of Material*), sino también la estructura del producto que refleja la interdependencia entre las partes para componer el producto. Cleetus (1995) propuso la gestión unificada de datos de producto (UPDM) que incluye toda la relación de cientos o miles de elementos de datos con cientos o miles de relaciones entre ellos, así como las especificaciones de piezas».

Una posibilidad, propuesta por Haug *et al.* (2013), es reducir la variabilidad en el uso de artículos. Sin embargo, esto puede requerir grandes cambios en la oferta. Cuanto más fuerte sean los acoplamientos entre componentes, más probable es que el cambio en una parte del sistema genere un cambio en otra parte.

En la publicación de PeopleSoft (2004) se muestran las etapas de un proyecto de ETO (ver figura 2.5). Se comienza con la solicitud de cotización del cliente, la cual se realiza a la par del presupuesto además de la estructura de descomposición del trabajo (WBS, por sus siglas en inglés, *Work Breakdown Structure*), la cotización es mostrada al cliente y si es aceptada se sigue en el proceso. Para la etapa de planeación se realiza la programación de producción, se evalúan las materias primas necesarias además de la planeación de recursos, en esta etapa es donde se tiene la interacción con los proveedores. En la etapa 3 se tiene la ejecución, en este punto se realiza el análisis del presupuesto inicial, se establece el costo real del producto terminado, y se gestiona la producción. En la etapa del cierre del proyecto, se entrega el producto terminado al cliente, se factura y se realiza el análisis de rentabilidad.

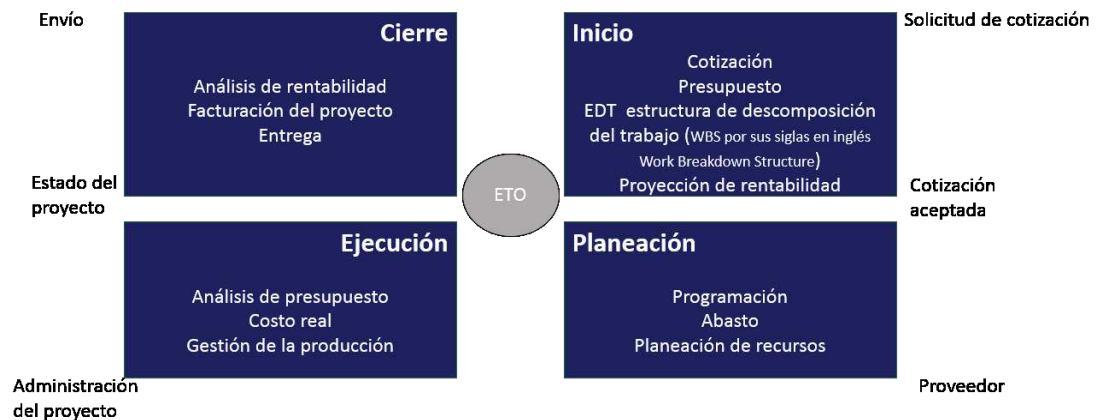


Figura 2.5: Ciclo de vida de un proyecto ETO.

Fuente: (PeopleSoft, 2004)

En el artículo de Abdul y Nabi (2003), se muestra una tabla comparativa entre un sistema de manufactura ETO y uno MTS, ambos con el enfoque de operación y diseño de producto (ver tabla 2.1).

Canneta *et al.* (2011) mencionan que el cliente está dispuesto a esperar un determinado tiempo de acuerdo a la participación de dicho cliente en la definición de las características del producto terminado. Cuanto mayor es el nivel de personalización, mayor es el número de pasos que se deben realizar después de recibir el pedido del cliente. En el caso de los productos ETO, el cliente generalmente comienza a definir los requisitos del producto (especificaciones) y luego interactúa estrechamente con el proveedor hasta que se llega a un acuerdo sobre el diseño final. En este caso, al ser inciertos los resultados del diseño conjunto, las tareas de compra y fabricación no deberían comenzar hasta el acuerdo. El nivel de personalización tiene un impacto directo en la diversidad del producto, el último dificulta la posibilidad de adoptar enfoques MTS (incluso si no es necesario rediseñar) porque mantener en almacenaje suficientes unidades de cada configuración de producto terminado potencial resulta en un inmenso inventario de bienes finales.

Tabla 2.1: Diferencias entre ETO y MTS en términos de operación y diseño de producto.

Criterio	ETO	MTS
Volumen de producción	Un volumen muy bajo	Mediano a alto volumen
Interacción entre el cliente y manufactura	Intenso	Poco o no hay interacción
Estructura de la organización	Equipo o basada en matriz	Basada en funciones
Control de costos	Durante el diseño	Durante la manufactura
Requerimientos del cliente	Muy específicos	Muy general a la mayoría de los clientes
Ensamble	Manual principalmente	Principalmente mecanizado y automatizado
Métodos de trabajo	No hay rutina	Rutina, establecida por métodos
Tipo de operación	Trabajo intensivo	Capital intensivo
Cambios de producto	Frecuente	Bastante estable
Inventario	Poco inventario	Normalmente un alto inventario
Tipos de clientes	Clientes industriales	Regularmente público en general
Plan de producción	Dinámico y en algunos casos caótico	Generalmente estable
Tipo de inspección	100 %	Muestreo
El cliente tiene conocimiento técnico del producto	Alto	Bajo
Mercado	Solicitado por el cliente	Empuje

2.2.2 FABRICACIÓN DE PEDIDO

Este tipo de fabricación (MTO) utiliza materias primas o producto en proceso de línea, es decir, componentes estándares, permitiendo que el producto terminado sea especificado por el cliente, sin modificar los componentes originales.

Un ejemplo que se podría enunciar es una panadería, en la cual se pueden fabricar diferentes tipos de panes y pasteles, de los cuales las materias primas son las mismas, solo se diferencia por la cantidad de artículos que se requiere para cada producto terminado (Chapman, 2006).

2.2.3 ENSAMBLE DE PEDIDO

En este tipo de manufactura, denominado ATO, el cliente cuenta con mayor influencia sobre producto terminado en comparación con el MTO, toda vez que puede seleccionar varias opciones a partir de subarmados predefinidos. El productor ensamblará esas opciones para formar el producto final que desea el cliente. Un ejemplo de servicio ATO puede presenciarse en algunos restaurantes, en donde el cliente puede seleccionar la guarnición para su platillo. Es posible que el cliente tenga pocas alternativas respecto de la preparación de dichas guarniciones, pero sin duda tendrá muchas en cuanto a cuál seleccionar (Chapman, 2006).

2.2.4 FABRICACIÓN DE INVENTARIO

Este tipo de manufactura, tipificada como MTS, se puede planear hasta el producto terminado sin necesidad de dejar subensambles en proceso, almacenándolo tal cual será vendido al cliente. Es la manufactura más comercial. Éstos son productos estandarizados que son vendidos en tiendas minoristas los cuales no son modificados ni adaptados por el cliente (Chapman, 2006).

2.3 MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS

Chapman (2006) propone primeramente realizar una segmentación de inventarios, por demanda independiente y dependiente. Define la demanda independiente como aquella demanda generada por fuentes externas, se denomina independiente debido a que la demanda del inventario no está sujeta a las acciones de la empresa; la mayor parte de las veces el inventario está conformado por productos terminados listos para la venta. El inventario de demanda dependiente está directamente relacionado con las decisiones de la compañía, sobre todo con la decisión de productos a fabricar, cantidad y tiempos.

Taha (2012) sustenta que un sistema de inventario puede requerir revisiones periódicas (ya sea mensual, semanal, etc.). Paralelamente, el sistema puede estar utilizando revisiones continuas, colocando nuevas órdenes de compra cuando el nivel de inventario llega a su punto de reorden. Dicho estudio muestra un ejemplo sobre tiendas de venta al menudeo en donde la revisión periódica aplica si el artículo se repone de manera semanal o mensual. En caso de ser reposición continua, ésta ocurre siempre que el nivel de inventario se encuentra por debajo del nivel que se estableció como punto de reordenamiento. Lo complejo en los modelos de inventarios dependerá de la demanda, ya sea determinística o probabilística. En ambas, la demanda puede variar o no con el tiempo. Un ejemplo citado es en el consumo de gas natural, ya que este se utiliza en la calefacción doméstica, en este caso es estacional, pero dicha cantidad puede no repetirse igualmente de un año a otro.

El patrón de la demanda en un modelo de inventario puede asumir uno de cuatro tipos:

1. Determinístico y constante (estático) con el tiempo.
2. Determinístico y variable (dinámico) con el tiempo.
3. Probabilístico y estacionario a lo largo del tiempo.

4. Probabilístico y no estacionario a lo largo del tiempo.

Esta clasificación anterior supone la disponibilidad de datos confiables para el cálculo de la demanda futura. Para dicha clasificación, Taha (2012) nos indica el cómo identificar la demanda basada en la media y la desviación estándar de los consumos durante un determinado periodo, para ello se calcula el siguiente coeficiente de variación para valorar el tipo de demanda:

$$V = \frac{\text{Desviacion estandar}}{\text{media}} \times 100\%, \quad (2.1)$$

el autor propone lo siguiente:

1. Si la demanda mensual promedio (calculada en varios años) es aproximada y constante, es razonable que V sea pequeño (menor que 20 %), entonces la demanda puede considerarse determinística y constante.
2. Si la demanda mensual promedio varía de manera apreciable entre los diferentes meses pero V permanece razonablemente pequeño en todos los meses, entonces la demanda puede considerarse determinística pero variable.
3. Si en el caso 1, V es alto (mayor que 20 %) pero aproximadamente constante, entonces la demanda es probabilística y estacionaria.
4. El caso restante es la demanda probabilística no estacionaria, la cual ocurre cuando los promedios y los coeficientes de variación varían apreciablemente mes con mes.

Una idea interesante que se desprende del análisis del coeficiente de variabilidad es que es posible hacer una clasificación de productos, como la mostrada en la sección 2.1.1, pero con respecto a su variabilidad. Por ejemplo, Stojanović y Regodić (2017) tomaron los siguientes rangos de los coeficientes de variabilidad, se generaron grupos XYZ a los cuales los segmentaron del 0 % a 10 %, 10 % al 25 % y del 25 % al infinito.

Las características es que para el grupo X se puede estimar la demanda con precisión, para el Y la demanda puede predecirse con una precisión relativa y para los Z es muy poco predecible. Es de enfatizarse que son los autores quienes definen dichos rangos.

Para Chapman (2006) el costo de mantener inventario la mayor parte de las veces se expresa por un porcentaje anual sobre el costo total del inventario. Es común utilizar la siguiente formula para el calculo del costo total:

$$CT = DC + \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S \quad (2.2)$$

Donde el costo total anual esta representado por CT , D como la demanda anual, C es el costo por artículo, Q es la cantidad solicitada por pedido, H costo total de almacenaje y S es el costo de pedido.

Una de las propuestas a utilizar para el control de los inventarios, para productos de alto movimiento, de acuerdo a la literatura, es utilizar modelos de revisión continua tal como el EOQ (por sus siglas en inglés *Economic Order Quantity*), regularmente su demanda es constante y son modelos analíticamente simples.

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (2.3)$$

donde Q es el lote mínimo económico, K es el costo de preparación, D demanda y h representa el costo de retención.

Es importante definir el punto de reorden, el cual es el nivel de inventario en donde será necesario resurtir de nuevo una cierta cantidad, considerando la demanda promedio y el tiempo de espera, en el cual se consideran el tiempo de entrega de proveedor, el tiempo en tránsito, el tiempo administrativo, etc. (ver figura 2.6). El punto de reorden se puede calcular de la siguiente manera:

$$R = dL \quad (2.4)$$

donde R es el punto de reabastecimiento, d es la demanda promedio y L es el tiempo de espera en días.

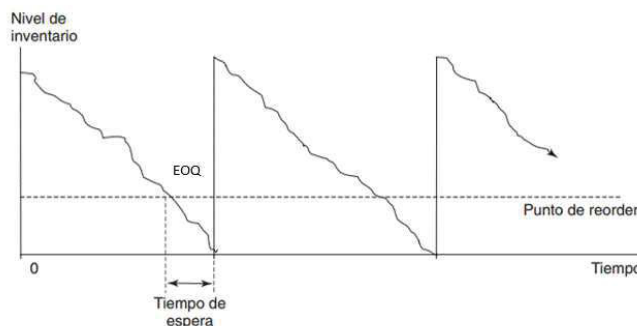


Figura 2.6: Determinación del punto de reorden.

Fuente:(Chapman, 2006)

2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este marco teórico hemos visto parte de las aportaciones que han hecho diversos autores, se puede resaltar que esta tesis abarca varios temas en donde van involucrados los inventarios, políticas de inventario, con una mezcla de productos terminados en un ambiente de manufactura tipo ingeniería a la orden.

Es de acentuar que la misma investigación nos ha apoyado a definir los distintos inventarios que pueden existir a lo largo de la cadena, y que a su vez éstos deberán de tratarse con ciertas políticas de inventario de acuerdo al tipo de material utilizado o al tipo de movimiento que tenga la materia prima.

Para la compañía, el enfoque principal es que existan las políticas de inventarios más adecuadas para los diversos productos que maneja, ya que en algunos casos tenemos productos fabricados a la orden o fabricados para almacenaje, en estos casos los materiales bases en muchas de las ocasiones se pueden denominar de línea y por lo tanto el trato será de una manera de diferente.

Por otro lado, los bienes terminados que son fabricados bajo ingeniería a la

orden hasta el momento son los que han generado en mayor parte materias primas sobrantes, lo que ocasiona un monto de inventario elevado, por lo que hacen falta acciones como clasificar los productos, darle disposición a dicho material, estandarización de productos, además de acuerdos con los proveedores.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se plantea el método propuesto para llevar a cabo la resolución de la problemática que fundamenta la investigación, considerando las bases teóricas del capítulo anterior. De acuerdo a lo establecido en el capítulo 1, el objetivo es reducir el valor del inventario por medio de la aplicación de estrategias de gestión, que se adecuen a las distintas características particulares de los artículos inventariados. Los objetivos particulares son:

- Definir una clasificación apropiada de acuerdo a las características más relevantes de los materiales inventariados.
- Categorizar los artículos de acuerdo a la clasificación definida.
- Diseñar estrategias apropiadas para cada categoría.
- Disminuir la cantidad de artículos obsoletos.

Las características de la manufactura de ingeniería a la orden radican principalmente en que existen escasos números de parte disponibles en inventario, la complejidad del aprovisionamiento de acuerdo a lo requerido por el cliente, la realización de la lista de materiales del producto terminado y la toma de tiempos de fabricación, esto aunado a que un gran porcentaje del ensamble será nuevo. A continuación, se especifican cada uno de ellos:

- Escasos números de parte disponibles: Debido a la naturaleza del tipo de manufactura ETO, la mayor parte de los materiales no se encuentran disponibles en inventario, por lo que hay una labor para identificar estos productos, asignar el código, descripción, etc. Pareciera una actividad sencilla, pero no lo es, ya que en estas acciones están involucrados más de un departamento.
- Complejidad del aprovisionamiento: El tener un número de parte nuevo es comenzar una aventura en la cual se arranca con la complejidad de ubicar al proveedor, buscar preferentemente los mejores costos totales, mínimos de compra que no generen un exceso de inventario y, uno de los factores más importantes, hacerlo en el menor tiempo posible.
- Realización de lista de materiales: El iniciar un nuevo proyecto, suele generar nuevos códigos de ensamble, subensambles y el uso de nueva materia prima. Este trabajo comienza desde la realización del diseño, en donde se estipula la cantidad a utilizar y la secuencia de cada uno de los subensambles.
- Toma de tiempos: Uno de los retos importantes es que en la mayor parte de las ocasiones se desconoce el tiempo de la fabricación de los productos, por lo que en base a la suma de subensambles y a las actividades más comunes se definirá el tiempo de elaboración de un producto terminado. Con esto se agregará el costo de mano de obra que llevará el proyecto.
- Ensamble nuevo: De acuerdo a lo anterior, es imperante resaltar que al tener un proyecto nuevo existen riesgos como errores en ensambles, demanda en consumos no calculados, errores en listas de materiales o que el cliente requiera que se le realice algún cambio. Todas estas actividades se deberán consensar antes de afrontarlas.

3.1 DETERMINACIÓN DE CLASIFICACIONES

Para segmentar las clasificaciones, se determinaron tres criterios, los cuales se colocaron en los ejes x , y , y z . Los criterios seleccionados fueron costo unitario, rotación y coeficiente de variabilidad.

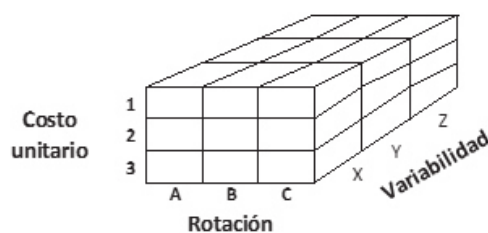


Figura 3.1: Clasificación

En el criterio de costo unitario, se determinó que la categoría 1 estará conformada por los productos con mayor costo, la 2 por productos de costo medio y los de 3 con el menor costo. Los rangos establecidos para la categoría para el número 1 es de mayor que \$5,000, en la 2 es mayor que de \$200 y menor o igual que \$5000, y en la 3 es de menor o igual que \$200.

Para el criterio de rotación, se considera la clasificación ABC, en donde A es el producto con mayor rotación siendo el rango de 9 a 12 meses, B de 5 a 8 meses y C de 1 a 4 meses. Se considera el rango de movimiento de un año.

Para el criterio de variabilidad, se consideró la desviación estándar de la demanda, dividida entre la media de la demanda de los últimos doce meses. En este caso la nomenclatura utilizada es X, Y, y Z, siendo X el producto con una baja variabilidad (mayor a 0 pero menor que 1.5), para Y una variabilidad media (mayor o igual a 1.5 y menor a 2.5) y para Z una variabilidad alta (un rango mayor o igual a 2.5).

Existirá la clasificación de cero demanda y por ende cero variabilidad, esto productos también serán considerados en nuestra clasificación en una categoría especial.

En base a lo anterior mencionado, se determinarán las 27 clasificaciones que se generan con la combinación de los criterios seleccionados ($3 \times 3 \times 3$), se realizará el análisis de las zonas a las cuales se aplicarán las políticas necesarias para el uso de los productos, ya sea un reabasto continuo por medio de mínimos y máximos, la utilización del producto en otros proyectos, inventario por garantías o, en el último de los casos, productos ya determinados como obsoletos.

Para la implementación de este proyecto se definieron cuatro zonas. A cada una de estas zonas se aplicará una misma política de acuerdo a las características similares que puedan ser agrupadas (ver figura 3.2).

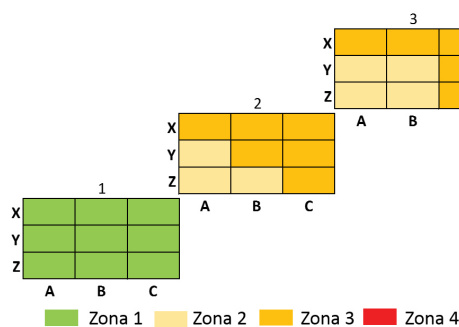


Figura 3.2: Zonas de clasificación.

En la zona 1, las clasificaciones seleccionadas para la política 1 serán A3X, B3X, A3Y, B3Y, A2X, B2X, A2Y. Las características que radican en esta zona es que son productos de bajo y medio costo pero principalmente su rotación es 5 a 12 meses, su variabilidad se encuentra en un rango menor a 2.5. Por ser productos de rotación alta y económicos podrían estar en un reabastecimiento continuo por medio de mínimos y máximos.

En la zona 2 tenemos los productos que por la naturaleza del ETO deben mantenerse en inventario debido a que la empresa tiene que responder en caso de una garantía. Los rasgos más importantes de estos artículos es que su costo unitario es muy elevado, el tiempo de entrega de proveedor es largo y el mínimo de compra es relativamente alto (comparado con la demanda). Las clasificaciones seleccionadas son las que se encuentran en el nivel 1 de costo unitario A1Z, B1Z, C1Z, A1Y,

B1Y,C1Y, A1X, B1X y C1X.

En la zona 3 tenemos los productos que tienen baja demanda y costo medio bajo, en este caso se proponen dos alternativas: la primera será utilizarlos en nuevos proyectos, de no ser esto posible serán productos candidatos a ser marcados como obsoletos. Los productos que no se encuentren dentro de las 27 clasificaciones, serán productos indiscutiblemente marcados como obsoletos, esto debido a que su demanda es cero en al menos en los últimos 12 meses.

3.2 DETERMINACIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIO

Una vez que se determinaron las clasificaciones y a su vez también los grupos por zonas, ahora deben crearse las políticas, las cuales serán consideradas de la información analizada en el marco teórico y de aportaciones llevadas a cabo en la práctica. Por las características de este proyecto, se proponen las siguientes políticas de inventario:

- **Productos de garantía y refacción:** Debido a que la mayor parte de la fabricación es ETO, en donde se busca realizar compras de material lo más exacto, debido a que la mayor parte de las materias prima son nuevas, por lo que existe una gran incertidumbre sobre qué cantidad se seguirá utilizando. Por lo anterior será imperante identificar el inventario de piezas en las cuales la compañía se compromete a tener como refacción o garantía según sea el caso. Es por ello que se deberán definir los artículos a mantenerse por un límite de tiempo determinado, según las políticas de garantías, para luego tomar acciones como desviación de producto o llegar a ser obsoleto.
- **Artículos de uso común:** Aproximadamente un 40% de productos pueden llegar a ser comunes dentro de los diseños de ETO, por lo tanto, este porcentaje se administrará como inventario de rotación. Para ello se buscará un reabastecimiento automático estableciendo puntos de reorden para cada número de

parte. Para el cálculo del reabastecimiento se considerará un modelo de revisión continua establecidos en el ERP utilizado por la compañía en el cual el usuario estará aprobando directamente la requisición colocada en automático, con ello se minimizará el error humano, haciendo más eficiente la generación de órdenes de compra.

- **Desviación de productos:** Lo que se propone en esta política es buscar el uso de productos “especiales” comprados para una orden ETO en otros productos de venta nacional o, en determinado caso, en un desarrollo internacional. Para llevar a cabo esto, será indispensable involucrar al área de ingeniería y diseño para que analice la factibilidad del uso.
- **Obsoletos:** Si después de analizar lo anteriormente expuesto, el producto llega a ser obsoleto, será necesario establecer las políticas de la disposición del artículo. De acuerdo a lo planteado en el marco teórico, la mayor parte de los productos utilizados en electrónica llegan a convertirse en productos obsoletos en muy corto tiempo. Parte de las estrategias serán determinadas por el área financiera, ya que se puede aplicar la destrucción del producto o la donación del mismo.

De acuerdo a lo anterior, se relacionaron las clasificaciones con las políticas descritas de la siguiente manera:

- Zona 1: Productos de garantía y refacción.
- Zona 2: Artículos de uso común.
- Zona 3: Desviación de productos.
- Zona 4: Obsoletos.

3.3 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo, se mostró el método de clasificación de los artículos, con las consideraciones necesarias, además de las políticas necesarias para las zonas con las características similares. Esta metodología nos ayudará a realizar una segmentación adecuada además de las estrategias de negocio, como son las políticas de inventario.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el capítulo anterior se mostró la metodología a seguir para determinar las clasificaciones de inventario. A continuación, se expondrán los resultados proyectados utilizando la metodología propuesta.

4.1 RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN

De acuerdo al uso de los tres criterios mencionados: costo unitario, rotación y variabilidad, con sus respectivos rangos, los resultados de 2003 números de parte fueron los siguientes (ver figura 4.1):

- Con respecto al costo (clasificación 123), el 80 % de los productos se ubicaron en la clasificación 3, es decir, los artículos de costo unitario más bajo, un 12 % se ubicaron en la zona media (clasificación 2) y un 1 % en lo más costoso (clasificación 1).
- Con respecto a la rotación (clasificación ABC), el 16 % se encuentra en la clasificación A, es decir, los artículos de alta rotación, el 29 % en la clasificación B y el 48 % en la C. El 7 % restante son productos sin rotación, es decir se clasificarán como obsoletos.

- Con respecto a la variabilidad (clasificación XYZ), los artículos de variabilidad baja corresponde a un 19% (clasificación X), los de variabilidad media a un 41% (clasificación Y) y los de variabilidad alta a un 33% (clasificación Z).

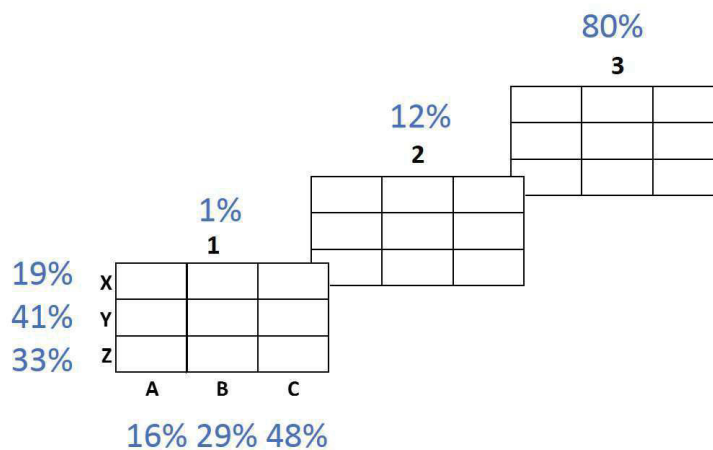


Figura 4.1: Distribución por criterio.

En la figura 4.2 se muestra la cantidad de artículos distribuidos en las diferentes clasificaciones. Es de resaltar que a partir de dicha clasificación se determinan las políticas de inventario.

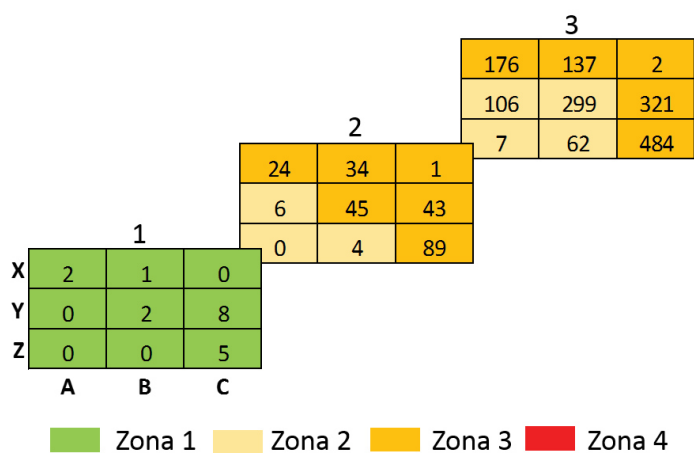


Figura 4.2: Distribución de artículos y zonas.

Se realizaron los siguientes análisis:

Las clasificación de productos fueron agrupadas en cuatro zonas distintas. La zona 1 son aquellos productos que se mantienen en inventario debido a que actúan como refacción para proyectos anteriores y también pueden ser utilizados en proyectos futuros. La zona 2 son aquellos artículos para los cuales, por su naturaleza, se les pueden definir los niveles de inventario para que sean monitoreados mediante como mínimos y máximos. La zona 3, son artículos que son candidatos a ser utilizados en un nuevo proyecto o, en su defecto, pueden pasar a la categoría de obsoletos. En la zona 4 se ubican los artículos que no tuvieron movimiento en el último año, por lo que se puede considerar como productos obsoletos.

4.2 POLÍTICAS SEGÚN SU CLASIFICACIÓN

4.2.1 ZONA 1: PRODUCTOS DE GARANTÍA Y REFACCIÓN

En la zona 1, artículos que son refacciones, su característica radica en el alto costo unitario (mayores a los \$5000 pesos), son aquellos que la empresa mantiene como refacción para las garantías o para los proyectos nuevos. La característica principal es que tienen un tiempo de entrega muy largo, además de que sus mínimos de compra son cantidades elevadas, es decir, sobrepasan las demandas mensuales. Por la posición que tiene la empresa en para el proveedor, no tiene el apalancamiento suficiente para realizar algún trato de consignación o minimizar la cantidad a ordenar, por lo que están obligados a adquirir este material en la cantidad definida por el proveedor.

Las clasificaciones que se establecieron en esta zona son: A1X, B1X, C1X, A1Y, B1Y, C1Y, A1Z, B1Z, y C1Z. Las cantidades de artículos fueron 18, lo cual representa el 1% del total (2003 artículos). Trece artículos se encuentran en la columna C, lo representa que su rotación es baja a lo largo de los 12 meses, además de que su variabilidad está por encima del 1.5, es decir, además de su baja demanda tienen

poca consistencia en las cantidades a utilizar.

4.2.2 ZONA 2: ARTÍCULOS DE USO COMUNES

En la zona 2 tenemos los artículos de rotación frecuente. En este caso, se pondrá un sistema de reabastecimiento continuo por medio de mínimos y máximos. Las características de estos ítems es que su costo no es elevado, se encuentran en las clasificaciones de rotación de A y B y su variabilidad es menor a 2.5.

Las clasificaciones que se establecieron en esta zona son: A2X, B2X, A2Y, A3X, B3X, A3Y y B3Y, las características principales que poseen una rotación entre A y B, su coeficiente de variabilidad es menor a 2.5. Esta zona representa el 24 % del total de los artículos analizados. De un total de 782 artículos (en esta zona) 718 tienen un costo unitario bajo (clasificación 3), por lo que su compra difícilmente afectará en el monto total de inventario.

4.2.3 ZONA 3: DESVIACIÓN DE PRODUCTOS

Para la zona 3 se encuentran 1058 números de parte distribuidos en diferentes clasificaciones. Estos productos se encuentran en las clasificaciones 2 y 3 del costo unitario y representan el 53 % del total. Las características que tienen es que su coeficiente de variabilidad se encuentra entre las clasificaciones Y y Z, pero su rotación también puede encontrarse principalmente en las clasificaciones B y C.

La zona se conforma de las clasificaciones: C3X, C3Y, A3Z, B3Z, C3Z, C2X, B2Y, C2Y, A2Z, B2Z y C2Z. De los 1058 números de parte que conforman esta zona, 805 se encuentran en la clasificación C3Z y C3Y, esto quiere decir que un 40 % de los productos están en una posición de rotación baja y variabilidad por encima de 1.5. Estos productos tendrán dos opciones, o se utilizan como materias primas

en otros proyectos o pasarán a la siguiente clasificación que es el material obsoleto. Para el resto de las clasificaciones se evaluará la incorporación de dichos materiales en proyectos futuros, aumentando con ello su demanda con la idea que se desplacen de la zona 3 a la zona 2.

4.2.4 ZONA 4: OBSOLETOS

Este tipo de artículos no se muestran en la clasificación realizada con los tres criterios definidos. Estos son productos que tienen cero rotación a lo largo de los 12 meses y por lo tanto su coeficiente de variabilidad no está determinado. Para estos ítems se buscará, como primera opción, evaluar si aún es factible utilizarlos en algún producto terminado, de no ser así se buscará la opción de donarlos o destruirlos. Parte de las políticas sobre los productos obsoletos, es que si poseen la marca de la compañía aplica la modalidad de destrucción, esto es debido a que se busca no afectar la marca. La otra opción podría ser donarlos, pero en este caso deberían ser productos principalmente que puedan ser utilizados más adelante por otro tipo de personas ya sea de manera educativa o no lucrativa.

4.3 RESULTADOS PROYECTADOS

En la tabla 4.1 se muestran los resultados proyectados desglosando por las distintas zonas. De manera gráfica, se puede mostrar en la figura 4.3 el contraste de distribución por monto de inventario y la cantidad de artículos en existencia.

Es de notar que la mayor cantidad de monto se encuentra principalmente en la zona 3 con la política desviación de productos. Por la misma naturaleza del ETO, tenemos en este rubro un inventario alto: representa el 47.7%. Será un tema retador el empujar estos artículos para su uso en otros proyectos (53% en porcentaje de artículos), pero será necesario establecer un tiempo límite para definir la factibilidad

Tabla 4.1: Resultados proyectados.

Política de inventarios	Zona	Clasificaciones	Cantidad de artículos	Porcentaje de artículos	Monto de inventario	Porcentaje en monto
Productos de garantía y refacción	1	A1Z, B1Z, C1Z, A1Y, B1Y, C1Y, A1X, B1X, C1X	18	1 %	\$7,235,812	20.1 %
Artículos de uso común	2	A2X, B2X, A2Y, A3X, B3X, A3Y, B3Y	782	39 %	\$10,565,906	29.4 %
Desviación de productos	3	C2X, B2Y, C2Y, A2Z, B2Z, C2Z, C3X, C3Y, A3Z, B3Z, C3Z	1058	53 %	\$17,147,566	47.7 %
Obsoletos	4	Sin rotación	145	7 %	\$959,021	2.6 %

del uso en otros proyectos o que sean candidatos a pasarlos a la política de obsoletos.

Para artículos de uso común (zona 2), se centra el 29.4 % en monto de inventario, y un 39 % de artículos de inventario, estos artículos podrán ser controlados con mínimos y máximos. Será crucial los mínimos de compra que defina el proveedor para evaluar si puede aplicar una disminución en este rubro.

En productos de garantía y refacción (zona 1) tenemos solo 18 artículos, el 1 % de los artículos totales. Definitivamente este monto es complicado de disminuir, los mínimos de compra no son negociables, además que nos impacta directamente en el servicio de garantías. Estos artículos se administrarán por medio de punto de reorden, calculado cuidadosamente en base al histórico de consumo además de considerar los tiempos de entrega del proveedor, ya que dichos tiempos pueden oscilar en mas de 200 días.

En la política de obsoletos (zona 4), se tienen identificado 145 artículos y representan un 2.6 % del costo total. Sin embargo, este número podría llegar a incrementarse debido a que algunos productos que actualmente se encuentran en la zona 2 no puedan ser desplazados en otros proyectos.

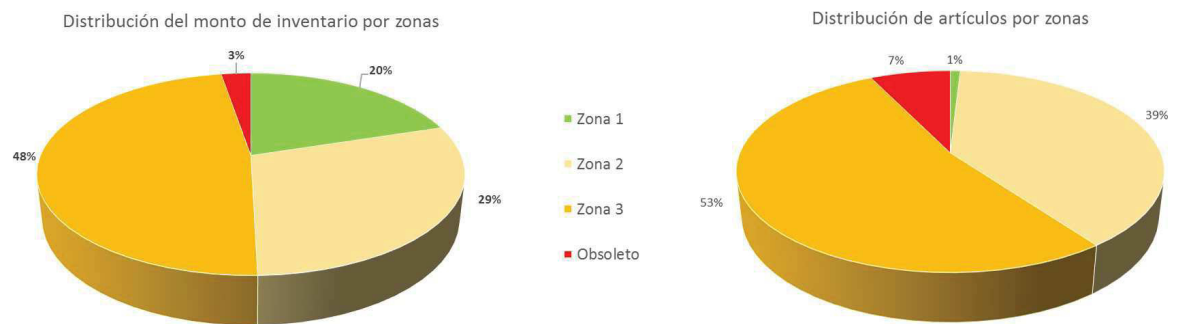


Figura 4.3: Distribución de políticas de inventario

4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se mostraron los resultados proyectados de acuerdo al nivel de inventario del mes de enero 2017, cabe resaltar que cada mes el inventario va en aumento y actualmente se carecen de dichas políticas. De llevarse a cabo las acciones mencionadas la compañía podría reducir de forma inmediata 900 mil pesos de productos obsoletos y en un determinado tiempo buscar el desplazar 17 millones de pesos de artículos que se han estado rezagando en el inventario. Por lo tanto se podría esperar una reducción total de 18 millones, en el tiempo mas conveniente para la compañía.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

En el presente capítulo se mostrarán las conclusiones de los resultados y análisis realizados en el capítulo anterior. Con esto se culminará la investigación realizada sobre las clasificaciones y políticas de inventario, además será el espacio para mostrar las aportaciones y los trabajos a futuro que se realizarán.

5.1 CONCLUSIONES GENERALES

En la mayor parte de las compañías se cuenta con material de inventario para diferentes fines, ya sea producción, venta, refacción, etc. El inventario es parte de los bienes más representativos de los costos activos de una empresa. El administrar dicho inventario requiere de conocimientos que van más allá de una administración. Como se mencionó en la parte de marco teórico, los enfoques de inventarios son diversos y están muy relacionados con los sistemas de manufactura o el giro de la compañía, además de las políticas internas que éstas tengan. Es importante considerar las políticas de inventario más adecuadas para tener un mayor impacto en la mejora de administración de los inventarios. Los eslabones de la cadena de suministro son claves para el éxito o fracaso de llevar a cabo una buena administración del inventario por lo que es recomendable considerar indicadores de desempeño comunes en cada uno de los procesos.

Como se mencionó el capítulo introductorio acerca de los objetivos en el cual se busca reducir el valor del inventario por medio de la aplicación de estrategias de gestión que se adecúen a las distintas características particulares de los artículos inventariados.

Se cumplieron los objetivos particulares:

- Se propuso una adecuada clasificación de acuerdo a las características mas relevantes consultadas en la bibliografía, las cuales fueron demanda, costo unitario del producto y la variabilidad.
- También se categorizaron los artículos con la clasificación que se definió, se encontraron las 27 combinaciones con los tres criterios.
- Se diseñaron las estrategias apropiadas para cada categoría de acuerdo a los parámetros evaluados, por medio de políticas para zonas definidas con atributos específicos.
- Se establecieron estrategias para la disminución de artículos obsoletos, cumpliendo los lineamientos establecidos de la compañía.

Por lo anterior, se puede cumplir con la hipótesis mencionada, esto debido a que de llevarse a cabo las políticas establecidas para los productos analizados. La compañía podría prescindir de 900 mil pesos de productos obsoletos y buscar el desplazar 17 millones de pesos de artículos que se han estado rezagandose en el inventario. Con ello se puede esperar una reducción final de 18 millones, lo cual representa un 50% de reducción, una vez que se concluyan todas las labores propuestas en este proyecto.

Como bien se mencionó en los capítulos anteriores, el estar llevando a cabo una fabricación de producto tipo ETO, afecta principalmente a los inventarios, debido a que la mayor parte de los productos son nuevos, a mínimos de compras altos y la falta de conocimiento sobre el cómo administrar dichos productos, es decir, evaluar

qué es más rentable: empujar el uso de productos en otros proyectos, el diseño de una logística más eficiente en donde la interacción de los departamentos culmine en tener un inventario más productivo y reducir el tiempo de entrega al cliente.

5.2 CONTRIBUCIONES

El enfoque de la investigación mezcla temas complejos por la naturaleza de la ejecución. El determinar las políticas de inventario en cualquier sistema de manufactura no es tarea fácil, pero agregando que la mayor parte es un sistema ETO complica aún más la situación, aunado a que no se tiene un sistema administrativo organizado, esto se convierte en una logística lenta, improductiva la cual impacta en el servicio al cliente y en mayor parte en la rentabilidad de la compañía.

Las principales aportaciones en esta investigación son el cómo determinar o segmentar las clasificaciones de número de parte, en dónde se consideran las mezclas de criterios y rangos de productos para la determinación de clasificaciones. La importancia que tienen cada uno de estos rubros en los artículos y precisamente en la manufactura ETO, además de las políticas determinadas en combinación a las referencias bibliográficas realizadas.

5.3 TRABAJO A FUTURO

Parte del trabajo a futuro será el desarrollar una metodología en la cual podremos obtener el tiempo más adecuado para actualizar la clasificación multicriterio que fue hecha en este proyecto, ya sea por zona o por otro grupo de artículos. Con ello se tendrá una clasificación siempre acorde, según los criterios en tiempo real. De no establecer este análisis se podría tener en algún momento ítems mal clasificados y, por lo tanto, mal calculados en base a las políticas establecidas.

En la política de productos de refacción, será importante establecer los tiempos de mantener el inventario, esto debe estar alineado con los acuerdos que se hayan establecido en el venta del proyecto. Después de dicho lapso, el material deberá entrar en un proceso de empuje a nuevos proyectos o de forma que sea clasificado como obsoleto.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDUL, R. y S. NABI (2003), «The need for a new product development framework for engineer-to-order products», *European Journal of Innovation Management*, **6**(3), págs. 182–196.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística. Administración de la cadena de suministro*, quinta edición, Pearson Educación, México, DF.
- CANNETA, L., M. FLORES y C. REDALLI (2011), *Digital factory for Human-oriented – production systems*, primera edición, Springer, Nueva York, USA.
- CHAPMAN, S. N. (2006), *Planificación y control de la producción*, primera edición, Pearson Educación, México, DF.
- CHASE, R., F. R. JACOBS y N. AQUILANO (2009), *Administración de operaciones*, 12^a edición, McGraw Hill, México, DF.
- CHOPRA, S. y P. MEINDL (2008), *Administración de la cadena de suministro*, tercera edición, Pearson Educación, México, DF.
- GUTIERREZ, V. y C. VIDAL (2008), «Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura», *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, **1**(43), págs. 134–149.
- HAND, R. y E. NICHOLS (1995), *Re-Engineering for time-based competition*, primera edición, Quorum Books, Connecticut.

- HAUG, A., L. HVAM y N. MORTENSEN (2013), «Reducing variety in product solution spaces of engineer-to-order companies: the case of Novenco A/S», *International Journal of Product Development*, **18**(6), págs. 531–547.
- KRISTIANTO, Y., P. HELO y R. JIANXIN JIAO (2015), «A system level product configurator for engineer-to-order supply chains», *Elsiever*, **1**(72), págs. 82–91.
- MEYERS, F. y M. STEPHENS (2006), *Planificación y control de la producción*, tercera edición, Pearson Educación, México, DF.
- PEOPLESOFT, I. (2004), «EnterpriseOne 8.10 Engineer to Order People Book», recurso libre, disponible en https://docs.oracle.com/cd/B28732_01/jded/acrobat/e1-scm810eo0504.pdf.
- SHCÖNSLEBEN, P. (2010), *Logistics managment operations and supply chain management in comprehensive value-added networks*, cuarta edición, Auerbach publications, Florida, USA.
- SOPLE, V. (2007), *Logistics managment the supply chain imperative*, primera edición, Pearson Educación, Dorling Kindersly, India.
- STOJANOVIĆ, M. y D. REGODIĆ (2017), «The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory Management Process», *Acta Polytechnica Hungarica*, **14**(5), págs. 29–48.
- TAHA, H. (2012), *Investigación de operaciones*, 9ª edición, Pearson, México.
- VERDOY, J. P., J. MAHIQUES, S. SAGASTA y R. SIRVENT (2006), *Manual de control estadístico de calidad: Teoría y aplicaciones*, 12ª edición, McGraw Hill, Castelló de la Planaexico, España.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Silvia Lorena Moya Morales

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA LA DISMINUCIÓN DE
INVENTARIOS EN UNA EMPRESA CON PRODUCCIÓN DEL TIPO
INGENIERÍA A LA ORDEN

Nací en Monterrey, Nuevo León, el 13 de mayo de 1983, mis padres Servando Moya Velazquez y María Guadalupe Morales de la Rosa. Viví 5 años en Monterrey para luego mudarnos a Apodaca, aquí fue donde viví la mayor parte de mi vida. En 2001 ingresé a la Facultad de Ciencias Químicas en la carrera de Ingeniero Químico, graduandome con mención honorifica en 2005. Cuento con 13 años de experiencia en la industria, principalmente en áreas de planeación de producción y materiales, almacenes y producción.